

Beschreibung**Anschaltverfahren für einen Blindleistungskompensator**

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Anschaltverfahren für einen Blindleistungskompensator mit mehreren parallel zueinander angeordneten Kompensationskomponenten an eine Betriebsspannung.

10 Sie betrifft ferner ein auf einem Datenträger gespeichertes Steuerprogramm, eine Steuereinheit für einen Blindleistungskompensator und einen Blindleistungskompensator, die zur Durchführung eines derartigen Anschaltverfahrens ausgebildet sind.

15 Blindleistungskompensatoren – sogenannte SVC-Anlagen (SVC = static VAR compensator) – bestehen in der Regel aus einem TCR (TCR = thyristor controlled reactance) und mindestens einem Filterkreis. Sie werden bei Großverbrauchern eingesetzt, die 20 aus einem Wechselspannungsnetz mit Wechselstrom gespeist werden, und dienen dazu, Blindleistungskomponenten des Wechselstroms zu kompensieren.

Der Blindleistungskompensator ist in der Regel an das Wechselspannungsnetz (bzw. allgemeiner die Betriebsspannung) anschaltbar und auch wieder von ihm trennbar. Beim Anschalten des Blindleistungskompensators kann es zu transienten Störungen in der Betriebsspannung und/oder in den fließenden Strömen kommen. Im Extremfall kann dies dazu führen, dass eine 30 andere Anlage, die ebenfalls mit der Betriebsspannung gespeist wird, notabgeschaltet wird. Produktionsausfälle oder sonstige Betriebsstörungen sind die Folge.

Zur Vermeidung solcher Betriebsstörungen wird der Blindleistungskompensator im Stand der Technik nur dann an die Betriebsspannung angeschaltet, wenn andere, ebenfalls über die Betriebsspannung versorgte Anlagen oder Anlagenteile, deren

störungsfreier Betrieb gewährleistet sein muss, gerade nicht betrieben werden. Dies schränkt aber nicht nur die Flexibilität beim Anschalten des Blindleistungskompensators an die Betriebsspannung ein. Darüber hinaus ist diese Vorgehensweise
5 in der Praxis auch nur mit großem Aufwand sicher zu stellen.

Es ist ferner bekannt, bei mehrphasigen Wechselspannungsnetzen die einzelnen Phasen des Wechselspannungsnetzes mit einem definierten Zeitversatz zum Spannungsnulldurchgang der jeweiligen Phase nacheinander an den Blindleistungskompensator anzuschalten. Dies erfordert aber spezielle, kostenintensive Schalteinrichtungen.
10

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Anschaltverfahren für einen Blindleistungskompensator zu schaffen, bei dem unzulässig hohe Rückwirkungen auf die Betriebsspannung vermieden werden und das einfacher zu realisieren ist als das obenstehend erwähnte Anschaltverfahren des Standes der Technik.
15

20 Die Aufgabe wird für das Anschaltverfahren dadurch gelöst, dass die Kompensationskomponenten von einer Steuereinheit zunächst nacheinander über einen Vorwiderstand und sodann vorwiderstandsfrei an die Betriebsspannung angeschaltet werden.

25 Für das Steuerprogramm, die Steuereinheit und den Blindleistungskompensator wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass sie die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Anschaltverfahrens ausgebildet sind.

30 Denn dadurch wird nicht der gesamte Blindleistungskompensator auf einmal an die Betriebsspannung angeschaltet. Vielmehr erfolgt ein zeitlich gestaffeltes und auf Grund des Vorwiderstandes gedämpftes Anschalten der Kompensationskomponenten an die Betriebsspannung. Erst wenn dieses Anschalten abgeschlossen ist, erfolgt ein vorwiderstandsfreies Anschalten des Blindleistungskompensators an die Betriebsspannung.
35

Wenn die zuerst über den Vorwiderstand an die Betriebsspannung angeschaltete Kompensationskomponente eine aktive Komponente mit mindestens einem steuerbaren Blindleistungselement ist, z. B. einen TCR aufweist, ist von Anfang an eine aktive

5 Steuerung des über den Vorwiderstand fließenden Stromes möglich. Dies kann insbesondere dazu ausgenutzt werden, dass ein über den Vorwiderstand fließender Strom der Grundfrequenz der Wechselspannung im Wesentlichen kompensiert wird.

10 Die nach der ersten Kompensationskomponente über den Vorwiderstand an die Betriebsspannung angeschalteten Kompensationskreise sind in der Regel rein passive Filterkreise.

Wenn der Vorwiderstand von der Steuereinheit nach dem vorwi-

15 derstandsfreien Anschalten der Kompensationskomponenten an die Betriebsspannung von der Betriebsspannung getrennt wird, ist jeglicher dauerhafte Stromfluss über den Vorwiderstand ausgeschlossen. Dies ist insbesondere deshalb von Vorteil, weil dann bei einem späteren Trennen des Blindleistungskom-
20 pensators von der Betriebsspannung dieses Trennen ohne Rück-
sicht auf den Vorwiderstand erfolgen kann.

Wenn das vorwiderstandsfreie Anschalten der Kompensationskom-
25 ponenten an die Betriebsspannung für alle Kompensationskompo-
nenten gleichzeitig erfolgt, ist das vorwiderstandsfreie An-
schalten besonders einfach realisierbar.

Das erfindungsgemäße Anschaltverfahren arbeitet besonders gut, wenn ein zeitlicher Versatz zwischen dem Anschalten von
30 zwei unmittelbar nacheinander über den Vorwiderstand an die Betriebsspannung angeschalteten Kompensationskomponenten zwi-
schen 50 und 300 ms liegt. Denn dann ist ein guter Kompromiss zwischen einem rückwirkungsarmen Anschalten des gesamten
Blindleistungskompensators und einer schnellen Reaktionsmög-
35 lichkeit auf ein Ereignis, welches ein Anschalten des Blin-
dleistungskompensators erfordert, möglich. Der zeitliche Ver-

satz sollte dabei vorzugsweise zwischen 80 und 200 ms liegen, z. B. bei 100 bis 150 ms.

- Zur Realisierung des erfindungsgemäßen Anschaltverfahrens ist
- 5 es beispielsweise möglich, zum Anschalten der Kompensationskomponenten an die Betriebsspannung eine den Kompensationskomponenten vorgeordnete Verteilerschiene über den Vorwiderstand an die Betriebsspannung anzuschalten und die Kompensationskomponenten an die Verteilerschiene anzuschalten. In
- 10 diesem Fall ist es insbesondere möglich, zum nachfolgenden vorwiderstandsfreien Anschalten der Kompensationskomponenten an die Betriebsspannung lediglich noch die Verteilerschiene vorwiderstandsfrei an die Betriebsspannung anzuschalten.
- 15 Vorzugsweise erfolgt das Anschalten der ersten Kompensationskomponente an die Verteilerschiene erst nach einem Zeitverzug nach dem Anschalten der Verteilerschiene über den Vorwiderstand an die Betriebsspannung.
- 20 Der Zeitverzug kann die gleichen Werte aufweisen wie der zeitliche Versatz.

Ein häufiger Anwendungsfall besteht darin, dass die Betriebsspannung eine Hochspannung, insbesondere eine Mittelspannung

25 zwischen 6 und 36 kV, ist.

Wenn die Betriebsspannung mehrere Phasen aufweist und die Phasen von der Steuereinheit gleichzeitig an die Kompensationskomponenten angeschaltet werden, ist das erfindungsgemäße

30 Anschaltverfahren besonders einfach realisierbar.

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Zeichnungen. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung

35 FIG 1 ein Blockschaltbild eines Blindleistungskompensators,
FIG 2 ein Zeitdiagramm,

FIG 3 einen Spannungsverlauf,
FIG 4 einen Stromverlauf,
FIG 5 einen Spannungsverlauf und
FIG 6 einen Stromverlauf.

5

Gemäß FIG 1 weist ein Blindleistungskompensator mehrere Kompensationskomponenten K1 bis K3 auf. Die Kompensationskomponenten K1 bis K3 sind bezüglich einer Verteilerschiene DL parallel zueinander angeordnet. Gemäß FIG 1 sind drei Kompensationskomponenten K1 bis K3 vorhanden. Es könnten aber auch mehr oder weniger Kompensationskomponenten K1 bis K3 vorhanden sein. Eine Anzahl von zwei Kompensationskomponenten K1 bis K3 sollte aber nicht unterschritten werden.

- 10 15 Die Kompensationskomponente K1 ist eine aktive Komponente mit mindestens einem steuerbaren Blindleistungselement. Das steuerbare Blindleistungselement ist dabei gemäß FIG 1 als TCR ausgebildet. Sie weist also eine Thyristoreinheit T auf, mittels derer die Reaktanz der Kompensationskomponente K1 steuerbar ist. Die Kondensationskomponente K1 weist gemäß FIG 1 zusätzlich auch einen rein passiven Filterkreis auf. Dies ist aber nicht zwingend erforderlich. Die anderen Kompensationskomponenten K2 und K3 sind rein passive Filterkreise.
- 20 25 Die Kompensationskomponenten K1 bis K3 sind über Schalter S1 bis S5 und einen Vorwiderstand R an eine Betriebsspannung U anschaltbar. Die Betriebsspannung U ist in der Regel eine Hochspannung, z. B. eine Mittelspannung zwischen 6 und 36 kV. Sie ist üblicherweise ein Drehstromsystem mit drei Phasen.
- 30 35 Sie kann im Einzelfall aber auch ein Drehstromsystem mit mehr als drei Phasen sein, z. B. ein Drehstromsystem mit vier oder fünf Phasen. Sie kann aber auch ein einphasiges Spannungssystem sein.
- Der Blindleistungskompensator weist ferner eine Steuereinheit CU auf, welche die Schalter S1 bis S5 und die Thyristoreinheit T ansteuert. Die Steuereinheit CU ist dabei eine pro-

6

grammierbare Steuereinheit CU, die ein Steuerprogramm CP ausführt. Das Steuerprogramm CP wird der Steuereinheit CU dabei über einen Datenträger DC zugeführt, auf der das Steuerprogramm CP in (ausschließlich) maschinenlesbarer Form gespeichert ist.

Auf Grund der Programmierung mit dem Steuerprogramm CP schaltet die Steuereinheit CU die Kompensationskomponenten K1 bis K3 des Blindleistungskompensators auf folgende, in Verbindung mit FIG 2 näher erläuterte Weise an die Betriebsspannung U an.

Wenn der Steuereinheit CU ein Anschaltbefehl ON zugeführt wird, schließt die Steuereinheit CU zunächst unverzüglich den Schalter S1. Es wird also zunächst die Verteilerschiene DL an die Betriebsspannung U angeschaltet.

Es ist möglich, gleichzeitig auch den Schalter S2 zu schließen. Gegebenenfalls kann der Schalter S2 sogar entfallen. Gemäß FIG 2 schließt die Steuereinheit CU den Schalter S2 aber erst nach einem Zeitverzug δt_1 . Nach jeweils dem Ablauf eines zeitlichen Versatzes δt_2 schließt die Steuereinheit CU dann die Schalter S3 und S4. Damit sind alle Kompensationskomponenten K1 bis K3 über den Vorwiderstand R an die Betriebsspannung U angeschaltet.

Nach einem erneuten Verstreichen des zeitlichen Versatzes δt_2 schließt die Steuereinheit CU den Schalter S5. Nach dem Schließen des Schalters S5 wartet die Steuereinheit CU nochmals den zeitlichen Versatz δt_2 ab und öffnet dann den Schalter S1.

Der Zeitverzug δt_1 liegt vorzugsweise zwischen 50 und 300 ms, insbesondere zwischen 80 und 200 ms. Gemäß FIG 2 liegt er z. B. bei 100 bis 150 ms. Der zeitliche Versatz δt_2 liegt vorzugsweise zwischen 50 und 300 ms, insbesondere zwischen 80 und 200 ms. Gemäß FIG 2 liegt auch er z. B. bei 100 bis 150

ms. Der Zeitverzug δt_1 und der zeitliche Versatz δt_2 können insbesondere den gleichen Wert aufweisen.

Wie aus FIG 3 für eine der Phasen der Betriebsspannung U ersichtlich ist, weist die Betriebsspannung U eine Grundfrequenz f auf. Die Steuereinheit CU steuert gemäß FIG 1 nicht nur die Schalter S1 bis S5, sondern auch die Thyristoreinheit T an. Die Thyristoreinheit T und damit die aktive Komponente K1 wird von der Steuereinheit CU dabei derart angesteuert, dass ein über den Vorwiderstand R fließender Strom I im Wesentlichen kompensiert wird, soweit er die Grundfrequenz f aufweist. Die Ansteuerung der Thyristoreinheit T erfolgt also in Abhängigkeit von den an die Schalter S1 bis S5 ausgegebenen Steuerbefehlen. Dies ist deutlich aus FIG 4 ersichtlich.

Mittels des erfindungsgemäßen Anschaltverfahrens sind erheblich geringere Netzrückwirkungen erreichbar als mit den üblichen Anschaltverfahren des Standes der Technik. Dies gilt, obwohl bei der erfindungsgemäßen Lösung alle Phasen von den Schaltern S1 bis S5 gleichzeitig geschaltet werden. Die Vorteile des erfindungsgemäßen Anschaltverfahrens gegenüber den üblichen Anschaltverfahren des Standes der Technik zeigen sich insbesondere bei einem Vergleich der FIG 3 mit FIG 5 und einem Vergleich der FIG 4 mit FIG 6. Denn die FIG 5 und 6 zeigen einen Spannungs- und einen Stromverlauf, die bei einem üblichen Anschaltverfahren des Standes der Technik auftreten. Ersichtlich treten beim üblichen Stand der Technik erheblich größere Netzrückwirkungen auf als bei dem erfindungsgemäßen Anschaltverfahren.

Patentansprüche

1. Anschaltverfahren für einen Blindleistungskompensator mit mehreren parallel zueinander angeordneten Kompensationskomponenten (K1 - K3) an eine Betriebsspannung (U), wobei die Kompensationskomponenten (K1 - K3) von einer Steuereinheit (CU) zunächst nacheinander über einen Vorwiderstand (R) und sodann vorwiderstandsfrei an die Betriebsspannung (U) angeschaltet werden.

10

2. Anschaltverfahren nach Anspruch 1,
durch gekennzeichnet,
dass die zuerst über den Vorwiderstand (R) an die Betriebsspannung (U) angeschaltete Kompensationskomponente (K1) eine aktive Komponente (K1) mit mindestens einem steuerbaren Blindleistungselement ist, z. B. einen TCR aufweist.

15

3. Anschaltverfahren nach Anspruch 2,
durch gekennzeichnet,
dass die Betriebsspannung (U) eine Wechselspannung mit einer Grundfrequenz (f) ist und dass die aktive Komponente (K1) von der Steuereinheit (CU) derart gesteuert wird, dass ein über den Vorwiderstand (R) fließender Strom (I) der Grundfrequenz (f) im Wesentlichen kompensiert wird.

25

4. Anschaltverfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
durch gekennzeichnet,
dass die nach der ersten Kompensationskomponente (K1) über den Vorwiderstand (R) an die Betriebsspannung (U) angeschalteten Kompensationskomponenten (K2, K3) Filterkreise (K2, K3) sind.

35

5. Anschaltverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
durch gekennzeichnet,
dass der Vorwiderstand (R) von der Steuereinheit (CU) nach dem vorwiderstandsfreien Anschalten der Kompensationskompo-

nenten (K1 - K3) an die Betriebsspannung (U) von der Betriebsspannung (U) getrennt wird.

6. Anschaltverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

5 dadurch gekennzeichnet,
dass das vorwiderstandsfreie Anschalten der Kompensationskomponenten (K1 - K3) an die Betriebsspannung (U) für alle Kompensationskomponenten (K1 - K3) gleichzeitig erfolgt.

10 7. Anschaltverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein zeitlicher Versatz (δt_2) zwischen dem Anschalten von
zwei unmittelbar nacheinander über den Vorwiderstand (R) an
die Betriebsspannung (U) angeschalteten Kompensationskompo-
15 nenten (K1 - K3) zwischen 50 und 300 ms liegt, insbesondere
zwischen 80 und 200 ms, z. B. bei 100 bis 150 ms.

8. Anschaltverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass zum Anschalten der Kompensationskomponenten (K1 - K3) an
die Betriebsspannung (U) eine den Kompensationskomponenten
(K1 - K3) vorgeordnete Verteilerschiene (DL) über den Vorwi-
derstand (R) an die Betriebsspannung (U) angeschaltet wird
und die Kompensationskomponenten (K1 - K3) an die Verteiler-
25 schiene (DL) angeschaltet werden.

9. Anschaltverfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass zum vorwiderstandsfreien Anschalten der Kompensations-
30 komponenten (K1 - K3) an die Betriebsspannung (U) die Vertei-
lerschiene (DL) vorwiderstandsfrei an die Betriebsspannung
(U) angeschaltet wird.

10. Anschaltverfahren nach Anspruch 8 oder 9,
35 dadurch gekennzeichnet,
dass das Anschalten ersten Kompensationskomponente (K1) an
die Verteilerschiene (DL) erst nach einem Zeitverzug (δt_1)

10

nach dem Anschalten der Verteilerschiene (DL) über den Vorwiderstand (R) an die Betriebsspannung (U) erfolgt.

11. Anschaltverfahren nach Anspruch 10,

5 dadurch gekennzeichnet,
dass der Zeitverzug (δt_1) zwischen 50 und 300 ms liegt, insbesondere zwischen 80 und 200 ms, z. B. bei 100 bis 150 ms.

12. Anschaltverfahren nach Anspruch 7 und 10 oder 7 und 11,

10 dadurch gekennzeichnet,
dass der Zeitverzug (δt_1) gleich dem zeitlichen Versatz (δt_2) ist.

13. Anschaltverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

15 dadurch gekennzeichnet,
dass die Betriebsspannung (U) eine Hochspannung, insbesondere eine Mittelspannung zwischen 6 und 36 kV, ist.

14. Anschaltverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

20 dadurch gekennzeichnet,
dass die Betriebsspannung (U) mehrere Phasen aufweist und dass die Phasen von der Steuereinheit (CU) gleichzeitig an die Kompensationskomponenten (K1 - K3) angeschaltet werden.

25 15. Auf einem Datenträger (DC) gespeichertes Steuerprogramm zur Durchführung eines Anschaltverfahrens nach einem der obigen Ansprüche.

16. Steuereinheit für einen Blindleistungskompensator, mit

30 der ein Anschaltverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14 ausführbar ist.

17. Blindleistungskompensator zur Durchführung eines Anschaltverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14.